

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-335063  
(P2002-335063A)

(43) 公開日 平成14年11月22日 (2002. 11. 22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 5 K 3/00		H 0 5 K 3/00	N 4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/00	3 3 0	B 2 3 K 26/00	3 3 0
26/06		26/06	E
// B 2 3 K 101:42		101:42	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-138204(P2001-138204)

(22) 出願日 平成13年5月9日(2001. 5. 9)

(71) 出願人 000233332

日立ビアメカニクス株式会社

神奈川県海老名市上今泉2100

(72) 発明者 荒井 邦夫

神奈川県海老名市上今泉2100番地 日立ビ

アメカニクス株式会社内

(72) 発明者 石井 和久

神奈川県海老名市上今泉2100番地 日立ビ

アメカニクス株式会社内

(72) 発明者 北 泰彦

神奈川県海老名市上今泉2100番地 日立ビ

アメカニクス株式会社内

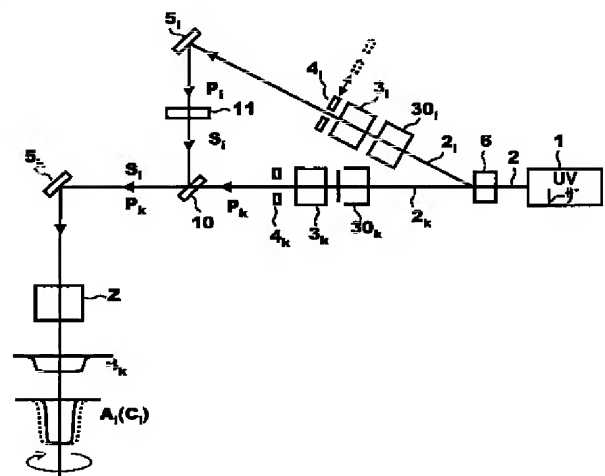
F ターム(参考) 4E068 AF01 CD03 CD05 DA11

(54) 【発明の名称】 プリント基板の穴あけ加工方法および装置

(57) 【要約】

【課題】加工の信頼性および穴の品質を向上させると共に、穴底に膜が残らないように加工してデスミア工程を不要とするプリント基板の穴明け方法および装置を提供する。

【解決手段】第1のUVレーザ光のエネルギー密度を、導体層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にして加工し、目的とする導体層の直前の絶縁層まで穴をあける。次に、第2のUVレーザ光のエネルギー密度を、導体層の分解エネルギーしきい値よりも低く、絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にして残った絶縁層を加工し、目的の導体層を露出させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】導体層と絶縁層とが交互に積層されたプリント基板の加工方法において、

第1の紫外レーザー光のエネルギー空間分布をトップハット形にし、かつエネルギー密度を導体層と絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にして、目的とする導体層の直前の絶縁層の途中まで加工し、

第2の紫外レーザー光のエネルギー密度を前記絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高く、導体層の分解エネルギーしきい値よりも低いエネルギー密度にして前記の残りの絶縁層を加工することにより、目的とする導体層を露出させることを特徴とするプリント基板の加工方法。

【請求項2】請求項1に記載の加工方法において、プリント基板を表面の第1層が絶縁層、第2層が導電層とし、

第2の紫外レーザー光のエネルギー空間分布をトップハット形にし、かつビーム径を第1の紫外レーザー光で形成した穴の径に一致させたことを特徴とするプリント基板の加工方法。

【請求項3】一つの紫外レーザー源から放射されたビームを光偏向器によって二つの方向に分配し、それぞれのエネルギー密度、エネルギー空間分布、ビーム径を個別の設定手段により設定し、その後両者のビームが同じ光路を進むようにしたことを特徴とするプリント基板加工装置。

【請求項4】一つの紫外レーザー源から放射されたビームを光偏向器によって二つの方向に分配し、その偏向光の側はビーム径の調整手段により絞って高エネルギーの第1の紫外レーザー光とし、その透過光の側はビーム径の調整手段により広げて低エネルギーの第2の紫外レーザー光とし、その後両者のビームが同じ光路を進むようにしたことを特徴とする請求項3に記載のプリント基板加工装置の使用法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プリント基板の加工方法および装置に係り、特にレーザー光を用いて上層と下層の導体層を接続するための底付穴（ブラインドホール）を加工するのに好適なプリント基板の加工方法および装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図17は、従来のレーザー加工装置の構成図である。このレーザー加工装置では、レーザー発振器1から出力されたレーザー光2は、コリメータ3により直径をM倍に拡大あるいは縮小され、アパーチャ4により加工に適した直径に整形される。整形されたレーザー光はコーナーミラー5および加工ヘッドZ内のミラー14、第1および第2の2つのガルバノミラー15<sub>a</sub>、15<sub>b</sub>を介してfθレンズ16に入射し、ガルバノミラー15<sub>a</sub>およびガルバノミラー15<sub>b</sub>により位置決めされ、fθレンズ16から加工面の所定の位置に垂直に入射する。加

工は、fθレンズ16に対応する加工領域18毎に行われ、図示を省略するXYワークテーブルにより、図中の18<sub>1</sub>…18<sub>N</sub>の順に領域が移動する。

【0003】図18(a)は、コリメータ3及びアパーチャ4の作用を示す図である。下方の各分布は縦軸がレーザー光のエネルギー、横軸がビーム径である。レーザー発振器からの出射口でのエネルギー空間分布は一般にガウス分布であるため、コリメータ3を通過したビームのエネルギー空間分布もガウス分布となる。レーザー光はコリメータ3の拡大率Mを変えることにより、エネルギー空間分布を変えることができる。すなわち、たとえば拡大率Mを小さくすると、「a'分布（点線）」に示すように、ビーム径が小さく、高エネルギー密度（高出力密度）のエネルギー空間分布が、また、拡大率Mを大きくすると、「b'分布（点線）」に示すように、ビーム径が大きくなり、低エネルギー密度（低出力密度）のエネルギー空間分布が得られる。

【0004】アパーチャ4の直径をビーム径に対して大きくするとエネルギーが中央部に集中し、加工した穴底（すなわち、内層の導体層）が損傷することがある。そこで、アパーチャ4によりビーム中央部のエネルギー分布が比較的均一な部分を切り取ることにより、加工部におけるエネルギーの大きさがほぼ均一の「A'分布（点線）」又は「B'分布（実線）」になるようにして、ブラインドホールの穴底を損傷しないようにしている。ここで、アパーチャ4を光軸から外しコリメータ3のみにしたときの、フル出力のエネルギー空間分布を、以下「C'分布」と呼ぶ。

【0005】一方、レーザー光2の光路にビーム整形ユニット30を入れた場合のエネルギー空間分布を図18(b)に示す。レーザー光2の光路にビーム整形ユニット30を入れることによりエネルギー空間分布が矩形化され、それをコリメータ3で拡大又は縮小し（図中点線のa分布、b分布）、さらにアパーチャ4により切り取ることにより、加工部におけるエネルギーの大きさの均一性を格段に向上させることができる（図中実線：「A分布」、「B分布」）。以下、この矩形状の分布を「トップハット形」と呼ぶ。ビーム整形ユニット30には、非球面レンズを組み合わせ、または回折形光学素子を組み合わせたもの等の市販のものを使用することができる。ここで、アパーチャ4を光軸から外した場合のフル出力のエネルギー空間分布を、以下「分布C」という。

【0006】プリント基板の構成は、表面が導体層で、導体層とガラス繊維を含む絶縁層とが交互に配置されたFR-4ガラス繊維入り基板（以下、「ガラス入り基板」という）、導体層の裏に絶縁層と導体層の積層板を張り付けた樹脂付きの銅箔（以下、「RCC基板」という）、導体層の表面に樹脂フィルムまたは樹脂コーティングされた基板（以下、「樹脂ダイレクト基板」という）などがある。絶縁層は、主としてエポキシ系、ポリ

イミド系樹脂の有機材料が使用される。絶縁層の強化材としてガラス繊維の代わりにセラミックスなどの無機材料がフィラとして使用されることもある。

【0007】従来から波長が $10.6\mu\text{m}$ の $\text{CO}_2$ レーザを用いた加工方法は広く知られている。例えば、樹脂ダイレクト基板の絶縁層にブラインドホールを加工する方法は、1982年に米国IPCレビューにより紹介され、 $\text{CO}_2$ 樹脂ダイレクト法として実用化されている。また、ガラス入り基板にブラインドホール穴明けする方法としては、特開昭58-64097号公報や米国特許第5,010,232号公報には、ケミカルエッチングやドリルで穴径に相当する導体層を予め除去してウィンドーを形成した後、 $\text{CO}_2$ レーザにより絶縁層を加工する方法が開示されている。

【0008】さらに、特開平1-266983号公報には、複数の導体層と絶縁層が積層されたに加工する方法として、金属を効率よく加工できる紫外線（以下、UVという）レーザ光を用いて、その円周動作による導体層のウィンドー加工と $\text{CO}_2$ レーザによる絶縁層の除去を繰り返してブラインドホールあるいはスルーホールを加工するUV+ $\text{CO}_2$ レーザ法が開示されている。

【0009】しかし、この $\text{CO}_2$ レーザによる樹脂層の穴明けの場合、穴底（導体層の直上）に厚さ $t_c$ （ $0.2\sim 3\mu\text{m}$ ）の「スミア」と呼ばれる膜が残ることが知られている。しかも、これは $\text{CO}_2$ レーザパルスエネルギー密度とショット数を増しても残膜厚 $t_c$ の厚さはほとんど変わらないことが、発明者の実験によりわかった。

【0010】このように膜が残る理由は、下記のように推定できる。 $\text{CO}_2$ レーザ加工は、絶縁層がレーザ光を吸収することにより樹脂の温度を上昇させて熱分解させる方法である。従って、内層導体である銅の熱伝導率は樹脂に比べて約3桁大きいので、絶縁層が薄くなると熱が内層導体に流れる結果、樹脂の温度が分解温度に達することができず、その結果穴底に厚さ $0.2\sim 3\mu\text{m}$ の膜が残存する、というものである。

【0011】このように膜が残ると、穴底に残った膜を除去するためのケミカルデスミア工程（コンディショニング、水洗、煮沸、冷却、水洗、膨潤、水洗、酸化デスミア、水洗、中和、水洗、乾燥等の工程からなる）が必要である。また、穴径が $100\mu\text{m}$ 以下になると、処理液の濡れ性が低下するため（処理液が加工した穴に入りにくくなる）、デスミアプロセスの信頼性が低下する。また、デスミア処理は本来穴底の樹脂残膜の除去を目的とする処理であるが、穴底の残膜を除去する際に、穴壁が $3\sim 5\mu\text{m}$ 除去されてしまい、通常、穴径が直径で最大 $10\mu\text{m}$ 大きくなってしまいう問題もあった。

【0012】一方、UVレーザを用いて樹脂ダイレクト基板にブラインドホール加工する方法は、1987年に米国IPCレビューにより紹介され、UV樹脂ダイレク

ト法として実用化されている。また、米国特許第5,593,606号には、複数の導体層と絶縁層が積層されたに加工する方法として、UVレーザだけで導体層と絶縁層を加工するUVダイレクト法が開示されている。

【0013】UVレーザを用いた場合、前記 $\text{CO}_2$ レーザの場合のように、穴底に絶縁層が残ることはない。しかし、実用的な加工速度を得ようとして加工に十分なパルスエネルギーを用いると、エネルギー密度過多であるため、穴底の導体層まで削られてしまい、めっき強度を確保するために設けられている導体層表面の凹凸が溶融分解してなくなってしまう。特に非線型光学素子等を用いて波長を変換する波長変換方式のUVレーザの場合は $\text{CO}_2$ レーザのようにパルス巾やパルス周波数によりパルスエネルギーを加工途中で変えることができなく、絶縁層材料の厚さが $65\mu\text{m}$ に対して厚さのばらつきが約 $20\mu\text{m}$ と大きいので、結果として穴底導体層を損傷してしまう。また、絶縁層のエネルギー吸収率が低い場合、穴底に到達するエネルギー量が増加し、これによって穴底導体層のエネルギー蓄積が増加する。このため、導体層上面の樹脂が分解気化することがあり、この際、気化エネルギーにより絶縁層が引き剥がされて、穴底コーナー周辺の絶縁層がリング状に剥離することがある。しかし、パルスエネルギーを小さくすると、穴底の損傷を軽減することはできるが、パルスショット数が増えるため、加工速度が低下する。

【0014】また、ガラス入り基板の加工を行った場合、エネルギー過多により、導体層が削られるだけでなく、穴の側壁にガラスが突き出し、絶縁層がバレル状に穴の側面がえぐられる。

【0015】絶縁層がエネルギー過多になる理由は、以下のように推定できる。UVレーザ光に関するエネルギー吸収率は、たとえば波長 $355\text{nm}$ の場合、エポキシ系材約 $30\sim 80\%$ 、銅約 $70\sim 75\%$ 以上、ガラス約 $20\%$ （ $70\%$ 透過、 $10\%$ 反射）であり、差が大きい。また熱伝導率の差、すなわちエポキシ系材 $0.8\sim 0.85\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、銅 $386\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、ガラス $1.04\sim 1.09\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ であり、差が大きい。そのため、ガラス入り基板の場合、ガラス繊維により、約 $80\%$ のエネルギーが穴内部に反射拡散されて蓄積されるため、パルス周期を $0.0033\text{ms}$ 以下（パルス周波数 $3\text{kHz}$ 以上）にすると穴側壁の樹脂がバレル状にえぐられ、ガラス繊維の突き出しが大きくなり穴品質が低下するというものである。

【0016】また、この加工法では、絶縁層にガラス繊維が入っていない場合でも、導体層を除去するため、エネルギー密度 $3\text{J}/\text{cm}^2$ 以上で加工をする。このため、UV光に対する前記材料物性値の違いにより、熱の制御が困難となり、穴底の導体層を損傷してしまう。したがって、実用可能な穴品質を得ることは困難である。

【0017】さらにこのUV光を用いた場合、図18

(a) に示したような、穴の途中まではA' 又はC' 分布での加工となるため、穴底に凹凸が発生し、後の残膜除去工程に要する時間が長くなる場合や凹部底部の導体層が部分的に損傷する場合がある。

【0018】このような底部導体を損傷するという問題を解決する手段として、例えば「レーザアブレーションとその応用」、コロナ社、(1999年)、第146頁、第6行目から第13行目にあるように、レーザ光のエネルギー密度を樹脂層の分解エネルギーしきい値より高く、かつ導体層の分解エネルギーしきい値より低く設定することにより樹脂層部のみを選択的にエッチングする方法が提案されている。

【0019】ここで、分解エネルギーしきい値とは、レーザ光の照射パワー密度とパルス幅の積であるエネルギー密度(フルエンスと呼ばれる。)がある一定値以上でなければワーク表面の溶融蒸発等による加工(アブレーション加工と呼ばれる。)が始まらないことが知られているが、その値のことである。

【0020】また、特許2983481号公報には、穴底や周辺部の残渣物やスミアを除去するために、エキシマレーザのUV光をビーム整形光学素子でビームの断面形状をライン状又は矩形状の均一な分布にしたのち、照射して複数の穴を同時にクリーニングする方法が開示されている。しかし、これを樹脂層が最表層のものに適用すると、樹脂層の表面が損傷を受けることになる。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】本発明に係る第1の課題は、上記した樹脂や導体層についての分解エネルギーしきい値の具体的な値を明らかにして穴底の残膜を選択的に除去できるようにして穴開け加工から穴底の残膜除去までを一貫して行うことにより、デスミア工程が不要なプリント基板の穴明け方法を提供することにある。

【0022】本発明に係る第2の課題は、最表層が樹脂層の場合においても、樹脂層表面を損傷させない方法を提供することにある。

【0023】本発明に係る第3の課題は、レーザ光のエネルギー密度を切り替えて、穴開け加工から穴底の残膜除去までを一貫して行える装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記第1の課題を解決するためには、第1のUVレーザ光のエネルギー密度を導体層と絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にし、かつその空間分布をトップハット形にして出来るだけ穴の底が矩形になるようにしながら、目的とする導体層の直前の絶縁層の途中まで加工し、第2のUVレーザ光のエネルギー密度を前記絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高く、導体層の分解エネルギーしきい値よりも低いエネルギー密度にして前記の残りの絶縁層を加工することにより、目的とする導体層を露出させることを特徴とするプリント基板の加工するとよいことがわかつ

た。

【0025】発明者らの実験によれば、波長355nmのUVレーザの場合の分解エネルギーしきい値は、エポキシ系材0.3~0.5J/cm<sup>2</sup>、銅0.8~1.0J/cm<sup>2</sup>、ガラス5~6J/cm<sup>2</sup>であることがわかった。本発明は、この分解エネルギーしきい値がエポキシ系材料と銅でわずかな差があることを見出し、これを利用して第2のUVレーザ光のエネルギー密度を絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高く、導体層の分解エネルギーしきい値よりも低いエネルギー密度にして、前記の残りの絶縁層を加工することにより目的とする導体層を露出させることに成功したものである。

【0026】さらに、本発明においては、この方法を実用化するためには第2のUVレーザ光による仕上げ加工を行う前のステップにおいて、第1のUVレーザ光を用いて加工を施す際に、第1のUVレーザ光のエネルギー空間分布をトップハット形にして、穴底を平坦化しておく必要があることがわかった。本発明は、この両者の組合せにより実用化できたものである。

【0027】上記第2の課題を解決するためには、第2のUVレーザ光のエネルギー空間分布をトップハット形にし、かつビーム径を第1のUVレーザ光で樹脂層に形成した穴径に一致させるとよい。

【0028】上記第1の課題を解決するための他の手段は、エネルギー密度を導体層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にした第1のUVレーザ光で導体層に穴を形成した後に、CO<sub>2</sub>レーザ光を用いて樹脂層を加工し、その後残るスミアを、エネルギー密度を前記絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高く、導体層の分解エネルギーしきい値よりも低いエネルギー密度にした第2のUVレーザ光で加工するものである。この場合、上記した発明者らのCO<sub>2</sub>レーザを用いた実験によれば、エネルギー密度を樹脂層の分解エネルギーしきい値よりも高くしておくだけで樹脂層の一部が自動的にスミアとして残るため、残膜厚制御をする必要がなく、加工条件の設定が容易となる。また、特にCO<sub>2</sub>レーザをガラス入り基板の加工に用いる場合、UVレーザにより絶縁層がバレル状にえぐられるようなことがないため、好適である。

【0029】上記第3の課題を解決するためには、少なくともUVレーザ光源を2系統用意し、ビーム整形ユニットによりエネルギー空間分布をトップハット形にして、その2系統のビーム径及びエネルギー密度を独立に設定できるようにすればよい。このとき、一つのUVレーザ光源から発射されたビームを音響光学素子等で2系統に切り替えるように構成した場合、装置寸法が小さくなるためさらによい。また、2系統のビームを、ワークに照射するときには同一の光軸にすると、レーザ光を切り替える際にX-Yステージの移動をしなくてすむため、加工時間が短縮化される。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について実施例を用いて具体的に説明する。

(装置例1) 図1は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。同図において、UVレーザ発振器1は偏光型のQスイッチYVO<sub>4</sub>レーザ光(繰返し周波数10kHz~100kHz)を、非線型光学素子LBO(LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)を用いて第3高調波(355nm)とした。ここで、レーザ光2の電場ベクトルが紙面平行方向となるようにレーザ発振器1を設置した。

(以下、P偏光という。)音響光学偏向器6は、一般に音響光学素子に圧電素子を張り合わせた構造であり、その圧電素子に動作電圧(RF電圧)が印加されない場合入射光を直進(透過)させ、動作電圧が印加されると圧電素子を経由して音響光学素子中に発生した超音波により入射光はその超音波面でブラッグ回折し、出射角度が変化して偏向させるものである。この音響光学偏向器6を用いてレーザ光2を直進(2<sub>k</sub>)又は偏向(2<sub>i</sub>)させる。偏向されたレーザ光2<sub>i</sub>は、ビーム整形ユニット30<sub>i</sub>でトップハット形のエネルギー空間分布にされ、コリメータ3<sub>i</sub>により絞られ、アパーチャ4<sub>i</sub>により加工に適した直径に整形される。そして、コーナーミラー5<sub>i</sub>によって反射され、1/2波長板11により偏光方向を電場ベクトルが紙面垂直方向S<sub>i</sub>(以下、S偏光という。)になるように変換され、P波を透過させS波を反射する偏光ビームコンバイナ(偏光ビームスプリッタ)10により反射されて、コーナーミラー5<sub>k</sub>を介して加工ヘッドZに入射し、ヘッド部Z(2個のガルバノミラーとfθレンズとから構成される。図17参照)により集光されて加工面に垂直に入射する。

【0031】一方、直進させた場合のUVレーザ光2<sub>k</sub>は、ビーム整形ユニット30<sub>k</sub>を通り、コリメータ3<sub>k</sub>により拡大あるいは縮小され、アパーチャ4<sub>k</sub>により加工に適した直径に整形される。そして、2<sub>k</sub>はP偏光(P<sub>k</sub>)であるから偏光ビームコンバイナ(偏光ビームスプリッタ)10を透過してコーナーミラー5<sub>k</sub>を介して加工ヘッドZに入射し、ヘッド部Z(2個のガルバノミラーとfθレンズとから構成されている)により集光されて加工面に垂直に入射する。ここで、レーザ光2<sub>i</sub>及び2<sub>k</sub>の光路を同一の光軸上を進むように調整した。

【0032】また、アパーチャ径を一定にしたまま、コリメータ3<sub>i</sub>、3<sub>k</sub>の拡大率M<sub>i</sub>、M<sub>k</sub>を調節することによって加工に適したエネルギー空間分布A<sub>i</sub>、B<sub>k</sub>にすることができる。(図18(b)参照。)また、アパーチャ4<sub>i</sub>を光路から外すと、エネルギー空間分布をフル出力のC<sub>i</sub>分布とすることができる。

【0033】本装置例は、加工用のレーザ光学系を2系統持ち、エネルギー分布をほぼ独立に設定できる装置として非常に簡略化されており、装置を小型化できる。また、従来音響光学素子等を用いた偏向器の場合はビームダンパー等に入力して捨てていた透過光を利用するため

エネルギーの利用効率が向上する。また、ワークに照射する時点では2系統のレーザ光が同じ光軸にあるため、一貫して加工する場合にステージ移動などを伴わず、加工時間を短縮できる。

【0034】本装置例において、音響光学偏向器6として入力光と出力光の偏向方向が90度変化するものが知られているが、これを用いた場合偏光方向の変換が不要となるため、1/2波長板11が不要となる。

【0035】(加工例1) 図2(a)は装置例1を用いた場合のガラス入り基板の加工方法に対するエネルギー分布と穴の形状を示す図であり、図2(b)はこのときの加工のタイミングを示すタイミングチャートである。

【0036】ここで、レーザ光2<sub>i</sub>、2<sub>k</sub>の諸元を本明細書において以下のように定義する。なお、添字のaはレーザ光i、kの区分である。

E<sub>Pa</sub>: パルスエネルギー(=E<sub>P0a</sub>×(d<sub>Aa</sub>/d<sub>0a</sub>/M<sub>a</sub>)<sup>2</sup>)

E<sub>P0a</sub>: レーザ発振器射出口でのパルスエネルギー

d<sub>Aa</sub>: アパーチャ径

d<sub>0a</sub>: レーザ光2<sub>a</sub>の30<sub>a</sub>に入る前のビーム径

M<sub>a</sub>: コリメータの拡大率

T<sub>Pa</sub>: パルス巾

W<sub>Pa</sub>: ピーク出力(=E<sub>Pa</sub>/T<sub>Pa</sub>)

E<sub>dSa</sub>: エネルギー密度(=E<sub>Pa</sub>/[π(d<sub>sa</sub>/2)<sup>2</sup>])

d<sub>sa</sub>: 加工スポット径(=d<sub>Aa</sub>×[(L<sub>a</sub>/f<sub>a</sub>)-1])

L<sub>a</sub>: fθレンズからワークまでの距離

f<sub>a</sub>: fθレンズの焦点距離

T<sub>Pp</sub>: パルス周期

T<sub>Gc</sub>: ガルバノミラー位置決め周期

E<sub>Si</sub>: 分解エネルギーしきい値

N<sub>a</sub>: パルスショット数

V<sub>a</sub>: 材料除去量

【0037】図2(a)において、21は銅からなる外層導体層(厚さ9μm)、22はエポキシ系からなる絶縁層(厚さ50μm)、24は銅からなる内層導体層、tは第1のレーザ光2<sub>i</sub>で加工した後に残す膜厚である。

まず、音響光学偏向器6に高周波電圧を印加して偏向させた第1のレーザ光2<sub>i</sub>を得た。ここで、第1のレーザ光2<sub>i</sub>に対する分解エネルギーしきい値E<sub>Si</sub>は、外層導体層21(0.8~1.0J/cm<sup>2</sup>)、絶縁層22の樹脂(0.3~0.5J/cm<sup>2</sup>)に対する分解エネルギーしきい値の中で高い方の値0.8~1.0J/cm<sup>2</sup>である。

【0038】レーザ光2<sub>i</sub>の導体層の効率的な除去に必要なエネルギー密度は実験から約3.0J/cm<sup>2</sup>以上であるためにビームを絞る必要があり、できるだけ大きなスポット径が得られるようにレーザ光2<sub>i</sub>はC<sub>i</sub>分布を適用した。パルス巾T<sub>Pi</sub>を25ns、パルス周期T

$P_{P1}$  を  $0.03\text{ms}$  (周波数  $30\text{kHz}$ )、ピーク出力  $W_{P1}$  を  $2.4\sim 4.0\text{kW}$ 、パルスエネルギー  $E_{P1}$  を  $0.06\sim 0.10\text{mJ}$  とし、加工スポット径  $d_{S1}$  を  $40\mu\text{m}$  にすると、パルスエネルギー密度  $E_{dS1}$  を  $4.8\sim 8.0\text{J}/\text{cm}^2$  にでき、導体層 21 及び絶縁層の大半を除去することができた。また、厚さ  $9\mu\text{m}$  の導体層に穴径  $100\mu\text{m}$  のウィンドーを加工するには、ビームスポットをいくつかの同心円状に円周運動 (図中矢印) させる必要がある。この場合、必要なパルスの総数  $N_1$  は  $100$  ショットであった。ここで、絶縁層を残す厚さは  $5\sim 10\mu\text{m}$  が良い。ここで、第 1 のレーザー光  $2_1$  のエネルギー空間分布をトップハット形にしているため、残膜厚をほぼ均一にできる。

【0039】絶縁層 22 の残膜  $t$  は、音響光学素子 6 への高周波電圧の印加を停止することにより得た第 2 のレーザー光  $2_k$  により除去した。レーザー光  $2_k$  の穴底の絶縁層を除去するのに必要な UV レーザのエネルギー密度は  $0.3\sim 0.5\text{J}/\text{cm}^2$  以上 (実用的には  $0.5\text{J}/\text{cm}^2$  以上) である。このため、絶縁層を均一に除去でき、かつ樹脂の引き剥がし強度を向上するために設けられている内層導体表面の酸化物層を除去でき、かつ導体層素材にほとんど損傷を与えないトップハット形状の  $B_k$  分布を適用した。第 2 のレーザー光  $2_k$  のパルスエネルギー  $E_{Pk}$  を分解エネルギーしきい値  $E_{Sk}$  よりも高く、内層導体層 24 の分解エネルギーしきい値よりも低ければ内層の導体層 24 に損傷を与えることはない。したがって、パルス巾  $T_{Pk}$  を  $25\text{ns}$ 、パルス周期  $T_{PPk}$  を  $0.03\text{ms}$  (波数  $30\text{kHz}$ )、ピーク出力  $W_{Pk}$  を  $2.3\sim 3.6\text{kW}$ 、パルスエネルギー  $E_{Pk}$  を  $0.06\sim 0.09\text{mJ}$  を適用し、加工スポット径  $d_{Sk}$  をウィンドー径  $100\mu\text{m}$  よりも大きい  $120\mu\text{m}$  にしてパルスエネルギー密度  $E_{dSk}$  を  $0.5\sim 0.8\text{J}/\text{cm}^2$  とした。この条件は、実用的に必要なエポキシ系絶縁層の分解エネルギー密度  $0.3\sim 0.5\text{J}/\text{cm}^2$  より高いため絶縁層の残膜を除去することができ、また、内層導体層の銅に対する分解エネルギー密度  $0.8\sim 1.0\text{J}/\text{cm}^2$  より低いいため、内層導体層に損傷を与えることがなかった。このときの、絶縁層除去速度は約  $0.5\mu\text{m}/\text{パルス}$  であり、必要なパルス数  $N_k$  は  $30$  ショットであった。

【0040】図 2 (b) には、この方法のタイミングチャートが記載されている。第 1 のレーザー光  $2_1$  を照射している時間にも第 2 のレーザー光  $2_k$  が弱く重畳されることがわかる。これは音響光学素子の回折効率が  $100\%$  ではないために発生するものであるが、樹脂の分解エネルギーしきい値より低い値であるため、上記第 1 のレーザー光  $2_1$  の加工への悪影響はなかった。

【0041】この方法によれば、穴底コーナー周辺部で導体層と絶縁層との間に剥離が生じることはなかった。なお、穴明け後に穴底の導体層上にわずかな分解飛散物

が残る場合があったが、これはレーザー加工の後工程のメッキ処理の最初の工程であるソフトエッチング工程において、内層導体表面の酸化物層等と共に除去することができるので問題はなかった。

【0042】(加工例 2) 図 3 (a) は装置例 1 を用いた場合の樹脂ダイレクト基板の加工方法に対するエネルギー分布と穴の形状を示す図であり、図 3 (b) はこのときの加工のタイミングを示すタイミングチャートである。図 3 (a) において、22 はエポキシ系からなる絶縁層 (厚さ  $50\mu\text{m}$ )、24 は銅からなる内層導体層、 $t$  は第 1 のレーザー光  $2_1$  で加工した後に残す膜厚である。ここで、第 1 のレーザー光  $2_1$  に対する分解エネルギーしきい値  $E_{S1}$  は、絶縁層 22 の樹脂に対する分解エネルギーしきい値の中で決まるので、 $0.3\sim 0.5\text{J}/\text{cm}^2$  である。

【0043】加工方法としては加工例 1 とほぼ同様であるので異なる点を説明する。第 1 のレーザー光  $2_1$  の樹脂層に対して必要なエネルギー密度は、導体層に対するものより低いので  $A_1$  分布を適用した。パルス巾  $T_{P1}$  を  $25\text{ns}$ 、パルス周期  $T_{PP1}$  を  $0.03\text{ms}$  (周波数  $30\text{kHz}$ )、ピーク出力  $W_{P1}$  を  $1.0\sim 1.6\text{kW}$ 、パルスエネルギー  $E_{P1}$  を  $0.025\sim 0.040\text{mJ}$  とし、加工スポット径  $d_{S1}$  を  $50\mu\text{m}$  にすると、パルスエネルギー密度  $E_{dS1}$  を  $1.3\sim 2.0\text{J}/\text{cm}^2$  にでき、絶縁層の大半を除去することができた。必要なパルス数  $N_1$  は  $25$  ショットであった。絶縁層を残す厚さ  $t$  は、絶縁層厚のばらつきを考慮して  $5\sim 10\mu\text{m}$  とした。ここで、第 1 のレーザー光  $2_1$  のエネルギー空間分布をトップハット形にしたため、残膜厚をほぼ均一にできた。

【0044】絶縁層 22 の残膜  $t$  は、トップハット形状の  $B_k$  分布にした第 2 のレーザー光  $2_k$  により除去する。パルス巾  $T_{Pk}$  を  $25\text{ns}$ 、パルス周期  $T_{PPk}$  を  $0.03\text{ms}$  (波数  $30\text{kHz}$ )、ピーク出力  $W_{Pk}$  を  $0.4\sim 0.6\text{kW}$  を適用した。ここで、加工例 1 と異なり、穴底以外の損傷を避けるために加工スポット径  $d_{Sk}$  をウィンドー径  $50\mu\text{m}$  よりも大きくできないので、ウィンドー径と同じ  $50\mu\text{m}$  にして、パルスエネルギー  $E_{Pk}$  を  $0.010\sim 0.016\text{mJ}$  に下げ、パルスエネルギー密度  $E_{dSk}$  を  $0.5\sim 0.8\text{J}/\text{cm}^2$  とした。このときの、絶縁層除去速度は約  $0.5\mu\text{m}/\text{パルス}$  であり、必要なパルス数  $N_k$  は  $15$  ショットであった。

【0045】(装置例 2) 図 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係るレーザー加工装置の構成図であり、UV レーザでウィンドーを明けた後に  $\text{CO}_2$  レーザで絶縁層を除去することもできるようにしたものである。同図において、レーザー発振器  $1_1$  から出力された UV レーザ光  $2_1$  は、ビーム整形ユニット  $30_1$  を通り、コリメータ  $3_1$  により直径を拡大あるいは縮小され、アパーチャ  $4_1$  に

より加工に適した直径に整形される。そして、コーナーミラー $5_i$ を介して加工ヘッド $Z_i$ に入射し、ヘッド部 $Z_i$ により集光されて加工面に垂直に入射する。

【0046】レーザ発振器 $1_j$ から出力された $CO_2$ レーザ光 $2_j$ はビーム整形ユニット $30_j$ を通り、コリメータ $3_j$ により直径を拡大あるいは縮小され、アパーチャ $4_j$ により加工に適した直径に整形される。そして、コーナーミラー $5_j$ を介して加工ヘッド $Z_j$ に入射し、ヘッド部 $Z_j$ により集光されて加工面に垂直に入射する。

【0047】レーザ発振器 $1_k$ から出力されたUVレーザ光 $2_k$ は、ビーム整形ユニット $30_k$ を通り、コリメータ $3_k$ により直径を $M_k$ 倍に拡大あるいは縮小され、アパーチャ $4_k$ により加工に適した直径に整形される。そして、コーナーミラー $5_k$ を介して加工ヘッド $Z_k$ に入射し、ヘッド部 $Z_k$ により集光されて加工面に垂直に入射する。

【0048】レーザ光 $2_i$ 、 $2_j$ 、 $2_k$ のいずれもビーム整形ユニット $30_i$ 、 $30_j$ 、 $30_k$ を制御することにより、エネルギー空間分布をガウス分布からトップハット形状に整形することができる。

【0049】また、アパーチャ径 $d_{A_i}$ 、 $d_{A_j}$ 、 $d_{A_k}$ を変更することにより、ワーク表面において、エネルギー密度一定のまま加工ビーム径 $d_{S_i}$ 、 $d_{S_j}$ 、 $d_{S_k}$ の調整が可能である。

【0050】また、アパーチャ径 $d_{A_i}$ 、 $d_{A_j}$ 、 $d_{A_k}$ を一定にしたまま、コリメータ $3_i$ 、 $3_j$ 、 $3_k$ の拡大率 $M_i$ 、 $M_j$ 、 $M_k$ を変えることによって異なるエネルギー空間分布 $A_i$ 、 $B_i$ 、 $A_j$ 、 $B_j$ 、 $A_k$ 、 $B_k$ とすることができる。また、アパーチャを光路から外すと、エネルギー空間分布をフル出力の $C_i$ 、 $C_j$ 、 $C_k$ とすることができる。

【0051】また、ヘッド $Z_i$ 、ヘッド $Z_j$ 、ヘッド $Z_k$ はそれぞれ連続的に加工を行うことができ、それぞれプリント基板の全域を加工できる移動量をもっている。そして、XYワークテーブルの移動距離が最小となるように、軸間距離 $L_{ij}$ 、 $L_{jk}$ が最小となるように、かつそれぞれがワークテーブル上の同一のプリント基板を加工できるようにして、レーザ加工装置上に直線的に配置されている。

【0052】(加工例3)図5は装置例2を用いて、ガラス入り基板の加工を行う場合のエネルギー分布と穴の形状を加工順に示す図であり、図6はこのときの加工のタイミングを示すタイミングチャートである。これらの図において、図5における(a)～(c)と図6における(a)～(c)はそれぞれ対応している。

【0053】図5(a)において、外層導体層21(厚さ $9\mu m$ )は、レーザ光 $2_i$ のパルスエネルギー $E_{P_i}$ が分解エネルギーしきい値 $E_{S_i}$ よりも高い範囲のエネルギーによって除去される。そこで、レーザ光 $2_i$ のパルス巾

$T_{P_i}$ を $30ns$ 、パルス周期 $T_{PP_i}$ を $0.04ms$ (周波数 $25kHz$ )、ピーク出力 $W_{P_i}$ を $4000W$ 、パルスエネルギー $E_{P_i}$ を $0.12mJ$ の $C_i$ 分布を適用し、加工スポット径 $d_{S_i}$ を $60\mu m$ として、パルスエネルギー密度 $E_{dS_i}$ を $4J/cm^2$ とした。この条件は、実用的に必要なエネルギー密度 $3J/cm^2$ 以上(実験値である)を満足するので導体層を除去することができる。また、ビーム径より大きい、導体層の穴径 $100\mu m$ のウィンドーを加工するために、ビームスポットを円周運動(図中矢印)させた。この場合、必要なパルス数 $N_i$ は80ショットであった。

【0054】図5(b)において、絶縁層22(厚さ $50\mu m$ )はレーザ光 $2_j$ によってほとんど除去される。ここで、パルス巾 $T_{P_j}$ を $10\mu s$ 、ピーク出力 $W_{P_j}$ を $800W$ 、パルスエネルギー $E_{P_j}$ を $8mJ$ の $C_j$ 分布、加工スポット径 $d_{S_j}$ をウィンドー径 $100\mu m$ よりも大きい $150\mu m$ にして、パルスエネルギー密度 $E_{dS_j}$ を $45J/cm^2$ にした。パルス数 $N_j$ を3ショットとした。この条件は、ほとんどの絶縁層を除去できるが、穴底に厚さ $t_c$ が $0.1\sim 3\mu m$ のスミアが残った。

【0055】図5(c)において、絶縁層22のスミアはレーザ光 $2_k$ によって除去される。したがって、パルス巾 $T_{P_k}$ を $30ns$ 、パルス周期 $T_{PP_k}$ を $0.04ms$ (波数 $25kHz$ )、ピーク出力 $W_{P_k}$ を $4000W$ 、パルスエネルギー $E_{P_k}$ を $0.12mJ$ の $B_k$ 分布を適用し、加工スポット径 $d_{S_k}$ をウィンドー径 $100\mu m$ よりも大きい $150\mu m$ にした。この場合のパルスエネルギー密度 $E_{dS_k}$ は $0.7J/cm^2$ である。このときの、絶縁層除去速度は約 $0.5\mu m/\text{パルス}$ であり、必要なパルス数 $N_k$ は $10\sim 15$ ショットであった。

【0056】そして、以上の方法によれば、導体層の加工とガラス繊維を含む絶縁層の加工を最も効率よく行うことができる。また、UVレーザ光の穴底に到達するトータルエネルギーは約 $0.55mJ$ ( $=0.12mJ \times 10\text{ショット} \times (\phi 100/\phi 150)^2$ )であり、絶縁層を直接加工する場合のトータルエネルギー $6mJ$ ( $0.12mJ \times 50\text{ショット}$ )の約10%以下であった。したがって、UVレーザ光の吸収率が低い材料であっても、穴底が損傷することも、また、穴底コーナー周辺部で導体層と絶縁層との間に剥離が生じることはなかった。さらに、本加工例の場合、絶縁層の厚さがばらついても、 $CO_2$ レーザ光 $2_j$ 加工後の残膜厚(スミア厚)は変わらないので、加工の信頼性が向上した。

【0057】(加工例4)図7は装置例2の装置を用いて、RCC基板の加工を行う場合のエネルギー分布と穴の形状を加工手順に示す図であり、図8はこのときの加工のタイミングを示すタイミングチャートである。図7における(a)～(c)と図8における(a)～(c)はそれぞれ対応している。



【0058】RCC基板では、導体層21の加工は、図7(a)に示すように、前記図5(a)と同様に行なった。図7(b)のCO<sub>2</sub>レーザ光2<sub>j</sub>による絶縁層22の除去加工はガラス入り基板に比べて分解エネルギー密度しきい値が低いので、B<sub>j</sub>分布のパルス巾T<sub>Pj</sub>が10ms、ピーク出力W<sub>Pj</sub>が500W、パルスエネルギーE<sub>Pj</sub>が5mJの条件を適用した。そして、加工スポット径d<sub>Sj</sub>を150μmにすると、30J/cm<sup>2</sup>のパルスエネルギー密度E<sub>dSj</sub>が得られ、実用パルスエネルギー密度10J/cm<sup>2</sup>以上を満足する。この条件によれば、1〜2ショットでほとんどの絶縁層を除去できるが、穴底に厚さt<sub>c</sub>が0.1〜3μmの残膜(スミア)が残るので、図5(c)の場合と同様にして、残膜を除去した。

【0059】(加工例5)図9(a)、(c)は、装置例2の装置を用いて表面に導体層のないFR-4基板の加工を行う場合のエネルギー分布と穴の形状を示す図であり、(b)、(d)はそのときのタイミングを示すタイミングチャートである。表面に導体層のないFR-4基板加工では、同図(a)に示すように、穴入口径が、絶縁層を除去するためのレーザ光2<sub>j</sub>のパルスエネルギーE<sub>Pj</sub>と絶縁層の分解エネルギーしきい値E<sub>Sj</sub>により決まることを除いて、図5(b)の絶縁層の除去加工と同様に行った。また、同図(b)の絶縁層22のレーザ光2<sub>k</sub>による穴底の絶縁層残膜の除去は図5(c)の穴底の残膜除去と同様に行った。

【0060】(加工例6)図10(a)、(c)は、装置例2の装置を用いて表面に導体層のない樹脂基板の加工を行う場合のエネルギー分布と穴の形状を示す図であり、(b)、(d)はそのときのタイミングを示すタイミングチャートである。表面に導体層のない樹脂基板では同図(a)に示すように、穴入口径が絶縁層を除去するためのレーザ光2<sub>j</sub>のパルスエネルギーE<sub>Pj</sub>と絶縁層の分解エネルギーしきい値E<sub>Sj</sub>で決まることを除いて、図7(b)の絶縁層の加工と同様に行った。また、同図(c)の絶縁層22のレーザ光2<sub>k</sub>による穴底の絶縁層の残膜除去は、図7(c)の穴底の残膜除去と同様に行った。

【0061】(加工例7)図11(a)、(c)は、装置例2の装置を用いて表面に導体層のない樹脂基板(あるいは導体層のないFR-4基板)の加工を行う場合のエネルギー分布と穴の形状を示す図であり、(b)、(d)はそのときのタイミングを示すタイミングチャートである。表面に導体層のない樹脂基板では、同図(a)に示すように、レーザ光2<sub>j</sub>の代わりにUVレーザ光2<sub>i</sub>のB<sub>i</sub>分布を適用し、パルスエネルギーE<sub>Pi</sub>と絶縁層の材質により、絶縁層を絶縁層の厚さのばらつき分を考慮して、tが5〜10μm残るように加工し、同図(c)に示すように、レーザ光2<sub>k</sub>により穴底の残膜厚tを除去した。

【0062】(装置例3)図12は、本発明の第3の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図であり、図4と同じものまたは同一機能のものは、同一の符号を付して説明を省略する。

【0063】同図において、10はレーザ光2<sub>i</sub>の光軸上に設置された偏光ビームコンバイナ(偏光ビームスプリッタ)、11はレーザ光2<sub>k</sub>の光軸上に設置された1/2波長板、12は全反射コーナーミラーである。全反射コーナーミラー12はレーザ光2<sub>k</sub>を反射して、偏光ビームコンバイナ10を透過したレーザ光2<sub>i</sub>と同軸になるように配置された。また、レーザ発振器1<sub>i</sub>とレーザ発振器1<sub>k</sub>は偏光方向と光軸が互いに平行となるように配置された。

【0064】この結果、B<sub>i</sub>分布のレーザ光2<sub>i</sub>のP波成分P<sub>i</sub>と、B<sub>k</sub>分布のレーザ光2<sub>k</sub>のS波成分S<sub>k</sub>を同軸化したレーザ光が時間軸で同時又は直列的に加算される。すなわち、ヘッドZ<sub>i</sub>の出力を一定にした状態で加工部に、異なるエネルギー密度、出力密度、スポット径のビームを供給することができる。また、1/2波長板11、全反射コーナーミラー12を光軸から外すことにより、図4の場合と同様に、レーザ光2<sub>i</sub>、レーザ光2<sub>k</sub>により同時および個別加工を行うこともできる。

【0065】なお、レーザ光2<sub>i</sub>の電場ベクトルが紙面平行方向、レーザ光2<sub>k</sub>の電場ベクトルが紙面垂直方向となるようにレーザ発振器1<sub>i</sub>とレーザ発振器1<sub>k</sub>を設置した場合、レーザ光2<sub>k</sub>の偏光方向はS波成分S<sub>k</sub>となるので、図12における1/2波長板11を省くことができる。

【0066】(加工例8)図13は、装置例3の装置によるRCC基板の加工例を示す図である。同図において、導体層加工と絶縁層加工とを導体層除去エネルギー密度に設定したC<sub>i</sub>分布のレーザ光2<sub>i</sub>およびB<sub>k</sub>分布の穴底の樹脂残厚は除去できるが導体層に損傷を与えないエネルギー密度のレーザ光2<sub>k</sub>により、所定の絶縁層厚に対して10μmを残し、途中まで同時に加工を行った。引き続きヘッドZ<sub>k</sub>によりレーザ光2<sub>k</sub>で樹脂残厚を連続的にショットして穴明けした。これにより、製造工程における絶縁層厚誤差の影響を受けることなく導体層と絶縁層の除去が可能になり、穴底を損傷することなくブラインドホールを加工できるため穴品質が向上した。また、ガルバノミラーの位置決め後のトータルパルスショット時間0.012秒(25kHz、300ショット)は同時加工により変わらなかった。

【0067】(加工例9)図14は、第3の実施形態の装置による樹脂基板(層厚40μm)の加工例を示す図である。同図において、絶縁層除去エネルギー密度に設定したA<sub>i</sub>分布のレーザ光2<sub>i</sub>、およびB<sub>k</sub>分布の絶縁層は除去できるが導体層に損傷を与えないエネルギー密度のレーザ光2<sub>k</sub>により、所定の絶縁層厚に対して10μmを残し途中まで同時に加工を行い、引き続きヘッドZ<sub>k</sub>



でレーザー光 $2_k$ により連続的にショットして穴明けした。これにより、製造工程における絶縁層厚誤差の影響を受けることなく導体層と絶縁層の除去が可能になり、穴底を損傷することなくブラインドホールを加工できるため穴品質が向上した。また、ガルバノミラーの位置決め後のトータルパルスショット時間 $0.001$ 秒( $40$  kHz、 $40$ ショット)は同時加工により単独の場合の $0.002$ 秒( $40$  kHz、 $80$ ショット)を $1/2$ に低減できた。

【0068】(装置例4)図15は、本発明に係る第4の実施形態に係るレーザー加工装置の構成を示す図であり、図4、12と同じものまたは同一機能のものは、同一の符号を付して説明を省略する。なお、レーザー源 $1_i$ は、直線偏光であるレーザー光 $2$ の電場ベクトルが紙面平行方向のP波成分になるように設置された。同図において、 $6_a$ 、 $6_b$ は音響光学偏向器であり、電場ベクトルが平行偏光のレーザー光 $2$ の光軸上に設置された。 $8$ は0次回折光(透過光)用のビームダンパである。

【0069】なお、レーザー光 $2_i$ およびレーザー光 $2_k$ は、音響光学偏向器 $6_a$ 、 $6_b$ によるエネルギーロスが発生するため、エネルギー密度、出力密度は図4におけるレーザー光 $2_i$ 、レーザー光 $2_k$ に対し、それぞれ約 $15\%$ 低下する。しかし、エネルギー空間分布などの特性は変化しないので、出力を調整することにより、図4に示した装置例1と実質的に同じ加工を行うことができた。

【0070】(加工例10)ガラス入り基板を加工する場合には、次のような手順で行った。まず、エネルギー密度を導体層除去エネルギー密度に設定した $C_i$ 分布のレーザー光 $2_i$ により導体層を除去した後、 $A_j$ 分布のレーザー光 $2_j$ により絶縁層を除去し、さらに、 $B_k$ 分布のレーザー光 $2_k$ により穴底の残膜を除去して、ブラインドホールを形成した。この場合、ガルバノミラーを位置決めしてから、ショット時間が最も長いのは導体層除去時の $0.0012$ 秒であった。また、絶縁層除去では $0.003$ 秒、穴底の残膜除去は $0.0004$ 秒であった。したがって、穴底の残膜除去を導体層除去のガルバノミラー移動中に行うことができるため、実質的な加工速度は図4に示した装置例1と変わらなかった。この結果、1個のレーザー源 $1_i$ で図4におけるレーザー源 $1_i$ とレーザー源 $1_k$ の動作を兼用することができるので、装置のコストを低減することができた。

【0071】(装置例5)図16は、本発明に係る第5の実施形態に係るレーザー加工装置の構成を示す図であり、装置例2、装置例3又は装置例4に係る前述の図4、12、15と同じものまたは同一機能のものは、同一の符号を付して説明を省略する。

【0072】これは装置例4において、音響光学装置 $6_a$ 、 $6_b$ を配置し、 $1/2$ 波長板 $11$ と全反射コーナミラー $12$ および偏光ビームコンバイナ $10$ を配置することにより、1台のレーザー源 $1_i$ からレーザー光 $2_i$ 、レ

ーザ光 $2_k$ を分離あるいは同軸化するようにしたものである。

【0073】また、 $1/2$ 波長板 $11$ 、および全反射コーナミラー $12$ を光軸から外すことにより、図15の場合と同様に、レーザー光 $2_i$ 、レーザー光 $2_k$ (一点鎖線)を個別に用いて加工を行うこともできる。

【0074】(加工例11)装置例5に係るレーザー加工装置によって樹脂ダイレクト基板(絶縁層の厚さは $40\mu\text{m}$ である。)の加工を、前記装置例3と同様の方法で行った。これにより、装置例3と同様に穴品質が向上した。また、ガルバノミラーの位置決め後のレーザー光 $2_i$ 、レーザー光 $2_k$ をそれぞれ時間をずらせてショットしたが、レーザー光 $2_i$ の出力を増すことにより、トータルパルスショット時間 $0.001$ 秒( $40$  kHz、 $40$ ショット)を維持できた。

【0075】また、レーザー光を同軸化するための $1/2$ 波長板 $11$ 、および全反射コーナミラー $12$ を光軸から外すことにより前記装置例3で示したレーザー加工装置の機能と同等にすることができた。すなわち、1つのレーザー源で装置例3と同じ機能を持たせることができる。その結果、装置コストの低減を図ることができた。

【0076】

【発明の効果】本発明によれば、導体層と絶縁層とが交互に積層されたプリント基板の内部に設けられた導体層へのブラインドホールの加工方法において、第1のUVレーザー光のエネルギー密度を、導体層と絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にして内部導体層の直前の絶縁層の途中まで加工し、第2のUVレーザー光のエネルギー密度を、前記内部導体層の分解エネルギーしきい値よりも低く、前記絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にして前記絶縁層の残りの膜厚を除去するので、内部導体層を損傷がほとんどない状態で露出させることができる。

【0077】すなわち、穴底の絶縁層の残膜を除去できるので、デスミア処理工程が不要あるいは、処理時間を短縮することができる。

【0078】また、穴底コーナ部部の剥離が発生しないので、穴品質が向上する。

【0079】さらに、レーザー光を偏向器を用いて分配するように構成したことにより、1台のUVレーザー源で、導体層を加工するためのレーザー光と絶縁層の残膜を除去するためのUVレーザー光の両者を供給できるので、装置の小型化、低コスト化を実現することができる。

【0080】また、レーザー光の分配手段と組み合わせると、2ヘッド構成でUVレーザー光 $2_i$ によるUV加工とUVレーザー光 $2_k$ による穴底仕上げを同軸で連続して行うことができるため、テーブル移動回数を減らすことができ、加工時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。

【図 2】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状を加工順に示す図である。

【図 3】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状を加工順に示す図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。

【図 5】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状を加工順に示す図である。

【図 6】図 5 のタイミングチャートを示す図である。

【図 7】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状を加工順に示す図である。

【図 8】図 7 のタイミングチャートを示す図である。

【図 9】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状およびタイミングチャートである。

【図 10】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状およびタイミングチャートである。

【図 11】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状およびタイミングチャートである。

【図 12】本発明の第 3 の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。

【図 13】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形

状およびタイミングチャートである。

【図 14】本発明による加工部のエネルギー分布と穴の形状およびタイミングチャートである。

【図 15】本発明の第 4 の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。

【図 16】本発明の第 5 の実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。

【図 17】従来のレーザ加工装置の構成図である。

【図 18】ビーム整形ユニット、コリメータ、アパーチャの作用を示す図である。

【符号の説明】

1, 1<sub>i</sub>, 1<sub>j</sub>, 1<sub>k</sub> レーザ発振器

2 レーザ光

3, 3<sub>i</sub>, 3<sub>j</sub>, 3<sub>k</sub> コリメータ

4, 4<sub>i</sub>, 4<sub>j</sub>, 4<sub>k</sub> アパーチャ

5, 5<sub>i</sub>, 5<sub>j</sub>, 5<sub>k</sub> コーナーミラー

14 ミラー

15<sub>a</sub>, 15<sub>b</sub> ガルバノミラー

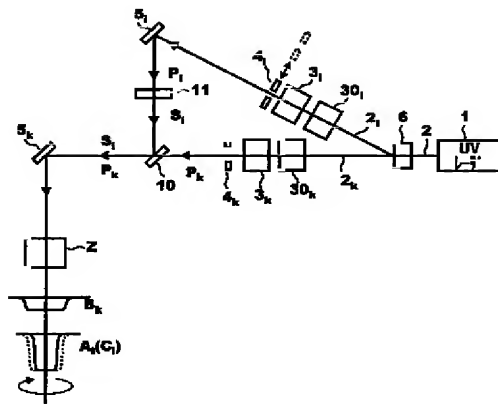
16 fθレンズ

30, 30<sub>i</sub>, 30<sub>j</sub>, 30<sub>k</sub> ビーム整形ユニット

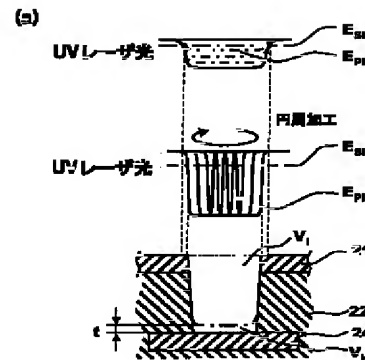
2, 2<sub>i</sub>, 2<sub>j</sub>, 2<sub>k</sub> レーザ光

Z, Z<sub>i</sub>, Z<sub>j</sub>, Z<sub>k</sub> ヘッド部

【図 1】



【図 2】

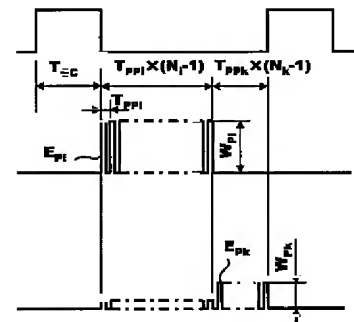


(b)

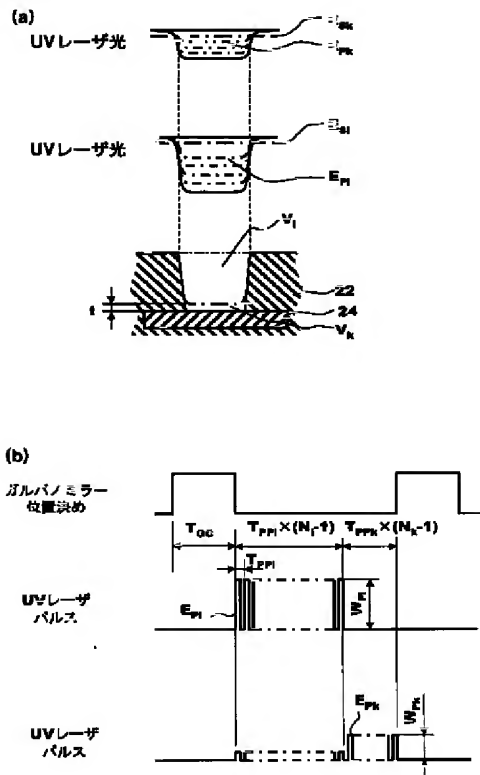
ガルバノミラー - 縦走決り

UVレーザーパルス

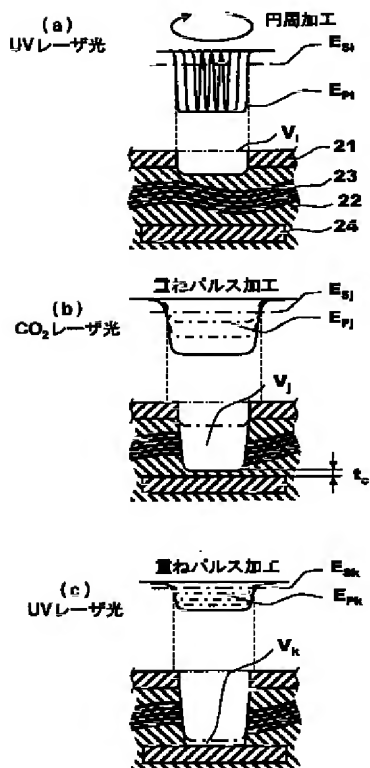
UVレーザーパルス



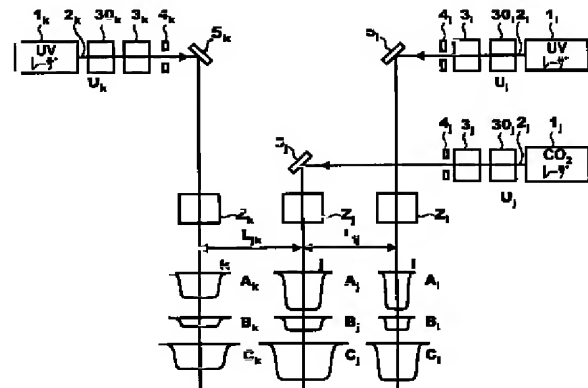
【図3】



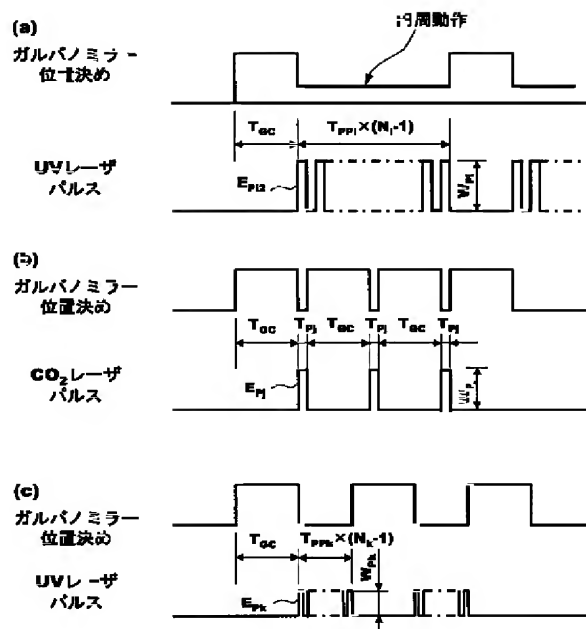
【図5】



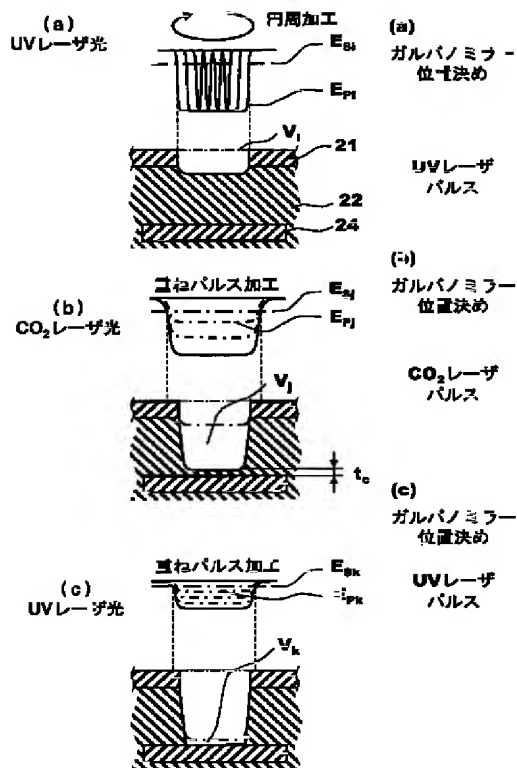
【図4】



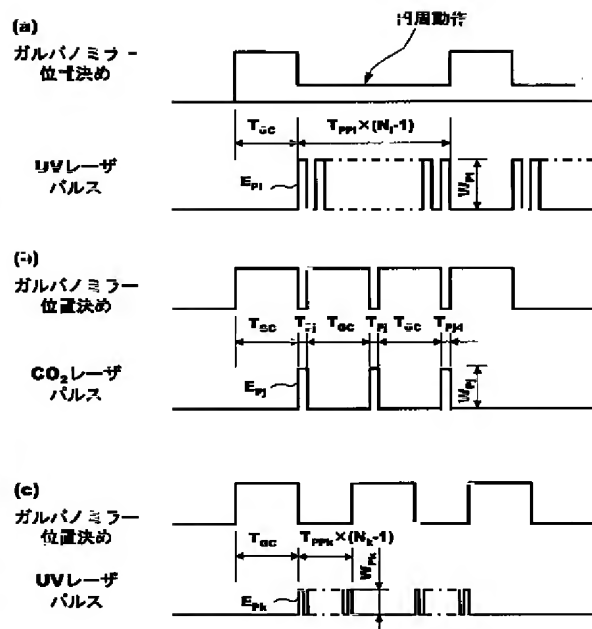
【図6】



【図7】

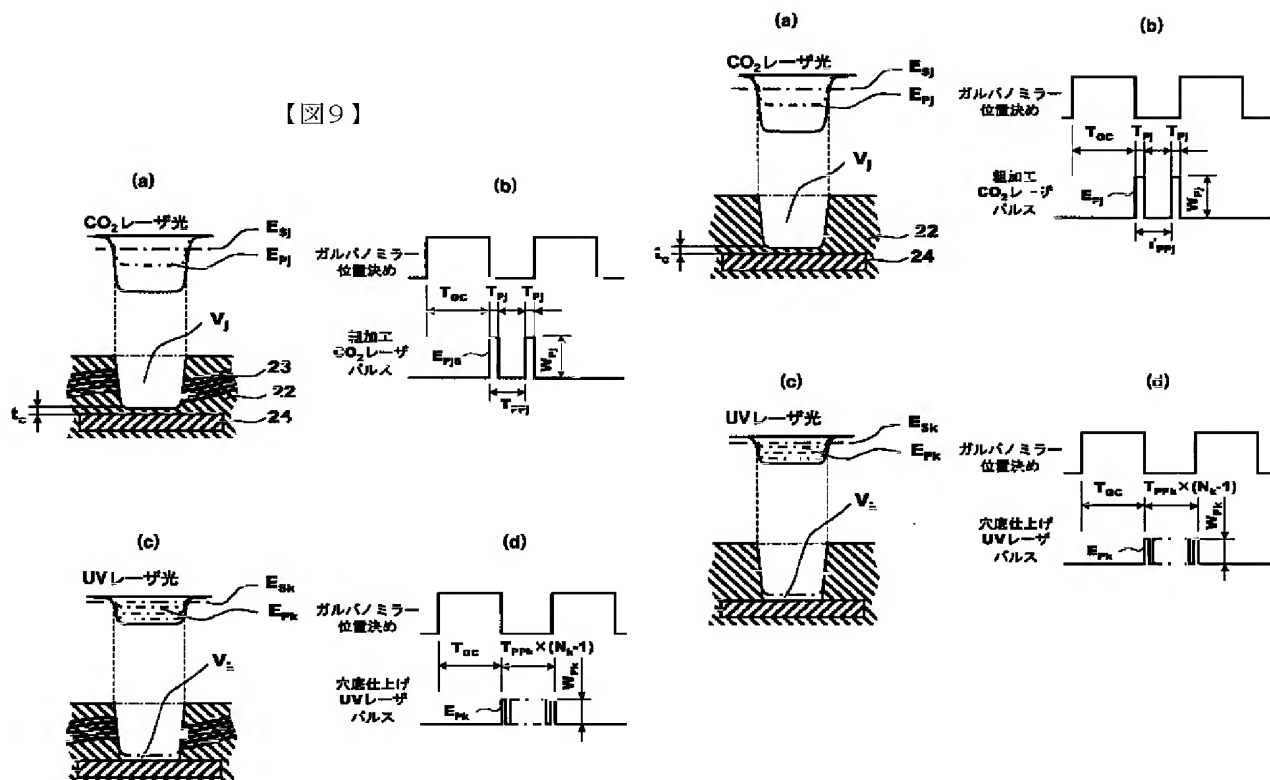


【図8】

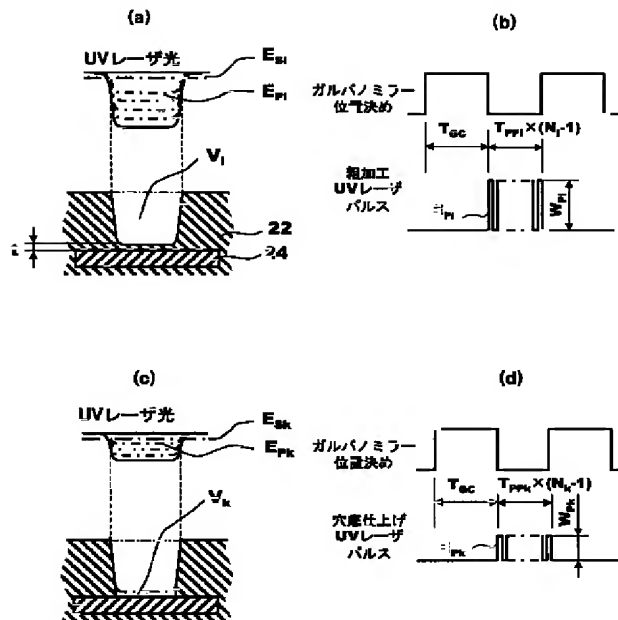


【図10】

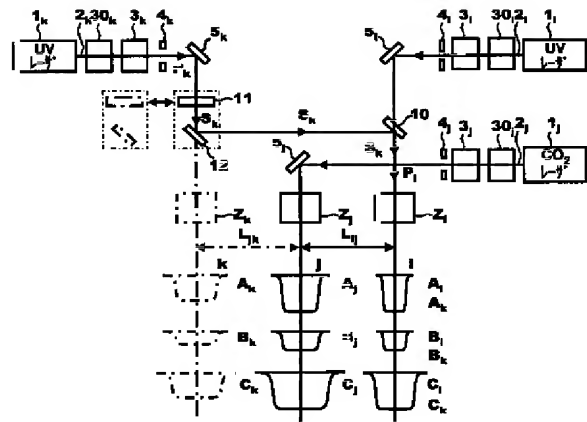
【図9】



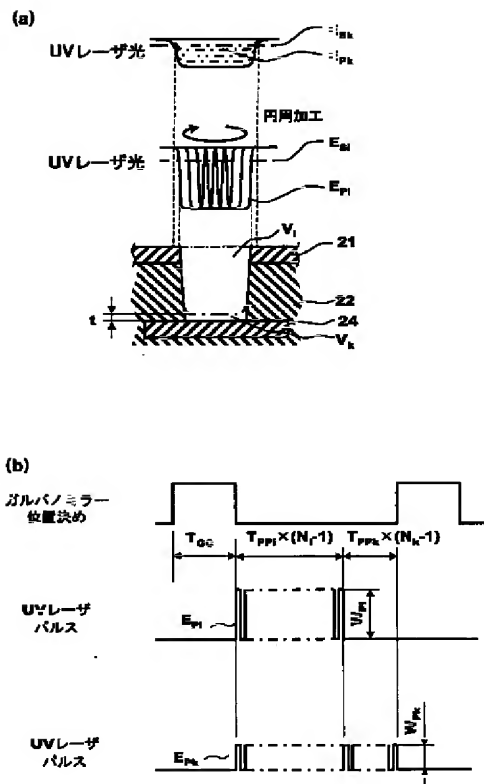
【図 1 1】



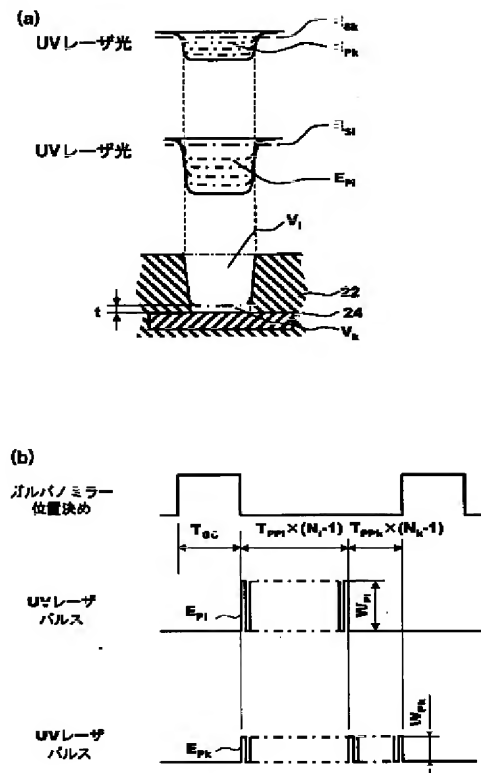
【図12】



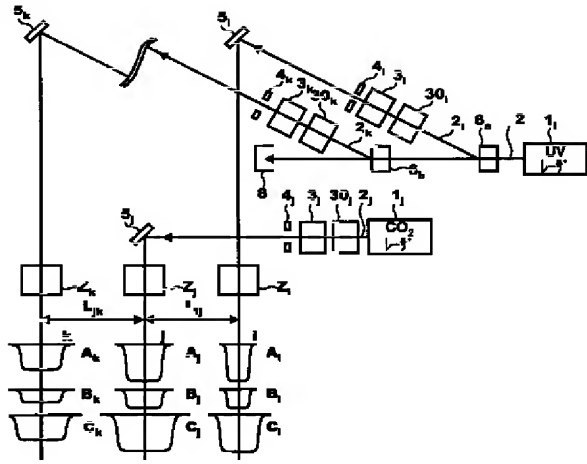
【图 13】



【図 14】

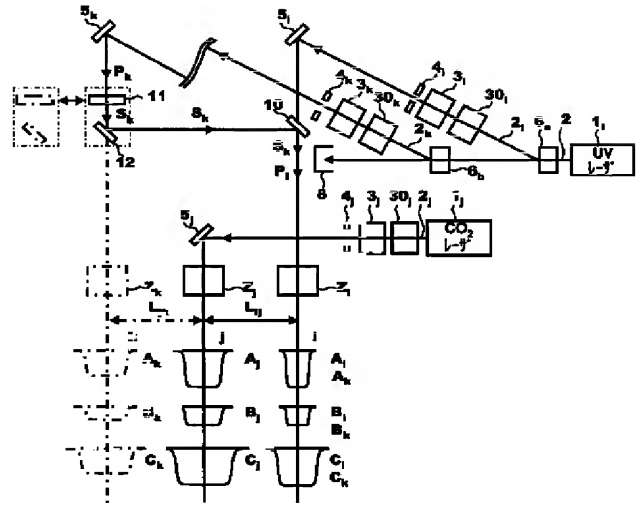


【図 15】

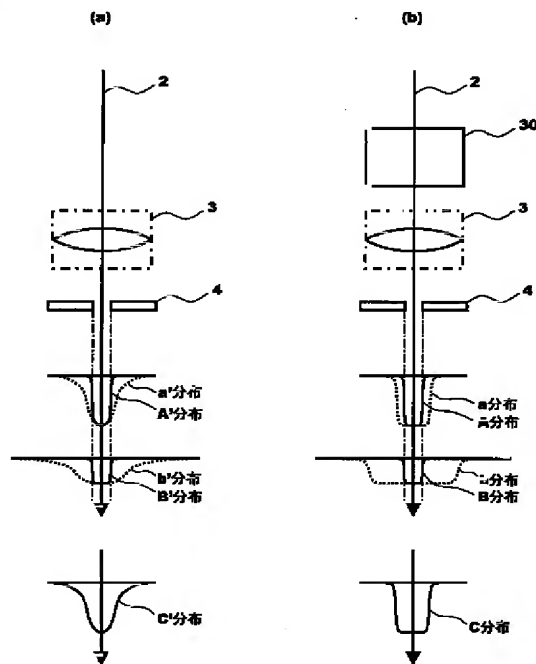
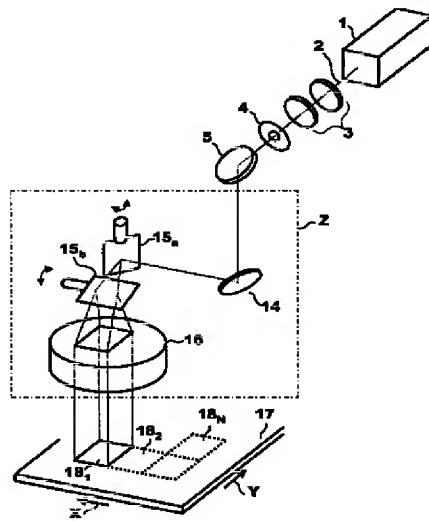


【図 17】

【図 16】



【图 18】



【手續補正書】

【提出日】平成14年6月26日（2002. 6. 26）

【手續補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】導体層と絶縁層とが交互に積層されたプリント基板の加工方法において、  
第1の紫外レーザ光のエネルギー空間分布をトップハット形にし、かつエネルギー密度を導体層と絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高いエネルギー密度にして、目的とする導体層の直前の絶縁層の途中まで加工し、

第2の紫外レーザー光のエネルギー密度を前記絶縁層の分解エネルギーしきい値よりも高く、導体層の分解エネルギーしきい値よりも低いエネルギー密度にして前記の残りの絶縁層を加工することにより、目的とする導体層を露出させることを特徴とするプリント基板の加工方法。

【請求項2】請求項1に記載の加工方法において、プリント基板を表面の第1層が絶縁層、第2層が導電層とし、

第2の紫外レーザー光のエネルギー空間分布をトップハット形にし、かつビーム径を第1の紫外レーザー光で形成した穴の径に一致させたことを特徴とするプリント基板の加工方法。

【請求項3】一つの紫外レーザー源から放射されたビームを光偏向器によって二つの方向に分配し、それぞれのエネルギー密度、エネルギー空間分布、ビーム径を個別の設定手段により設定し、その後両者のビームが同じ光路を進むようにしたことを特徴とするプリント基板加工装置。

【請求項4】一つの紫外レーザー源から放射されたビームを光偏向器によって二つの方向に分配し、その偏向光の

側はビーム径の調整手段により絞って高エネルギーの第1の紫外レーザー光とし、その透過光の側はビーム径の調整手段により広げて低エネルギーの第2の紫外レーザー光とし、その後両者のビームが同じ光路を進むようにしたことを特徴とする請求項3に記載のプリント基板加工装置の使用方法。

【請求項5】一つのレーザー源から放射されたビームを光偏向器によって二つの方向に分配し、それぞれのエネルギー密度、エネルギー空間分布、ビーム径を個別の設定手段により設定し、その後両者のビームが同じ光路を進むようにしたことを特徴とするプリント基板加工装置。

【請求項6】一つのレーザー源から放射されたビームを光偏向器によって二つの方向に分配し、その偏向光の側はビーム径の調整手段により絞って高エネルギーの第1のレーザー光とし、その透過光の側はビーム径の調整手段により広げて低エネルギーの第2のレーザー光とし、その後両者のビームが同じ光路を進むようにしたことを特徴とする請求項5に記載のプリント基板加工装置の使用方法。